

RENATO ATANAZIO

**Geoprocessamento aplicado em projeto de Pagamento por
Serviços Ecossistêmicos (PSE) no município de Apucarana, PR.**

CURITIBA

2010

RENATO ATANAZIO

**Geoprocessamento aplicado em projeto de Pagamento por
Serviços Ecossistêmicos (PSE), município de Apucarana, PR.**

Trabalho de monografia apresentada para
obtenção do título de Especialista em
Geoprocessamento ao curso de Especialização
em Geoprocessamento do Centro Integrado de
Estudos em Geoprocessamento – CIEG –
Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Orientador: Prof. Dr. Everton Passos

CURITIBA

2010

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1. Legislação ambiental.....	10
2.2. Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE).....	11
2.3. Geotecnologias.....	13
2.3.1. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas aplicados em projetos ambientais.....	13
2.3.2. Sensoriamento remoto	15
2.4. Projeto Oásis.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Material.....	23
3.2. Caracterização da área de estudo.....	23
3.3. Desenvolvimento do projeto.....	25
3.3.1. Processamento das imagens.....	26
3.3.2. Processamento de dados para criação de uma base de dados geográficos.....	30
3.3.3. Cruzamento dos dados para diagnóstico ambiental da área.....	32
3.3.4. Automatização e padronização do processo de extração de dados das propriedades.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Criação da base de dados geográficos.....	34
4.1.1. Identificação das áreas de vegetação nativa	35
4.1.2. Malha hidrográfica	35
4.2. Identificação das Áreas de Preservação Permanente.....	36
4.3. Mapa de caracterização ambiental da área.....	37
4.4. Criação de Modelo para extração dos dados de uso do solo das propriedades participantes do projeto.....	40
4.5. Funcionalidade dos resultados.....	43
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
6.1. Bibliografia consultada	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, APUCARANA, PR.....	24
FIGURA 2: FLUXO DAS ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	26
FIGURA 3. IMAGEM FUSIONADA E DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS COLETADOS EM CAMPO PARA GEORREFERENCIAMENTO.....	28
FIGURA 4. REPRESENTAÇÃO DOS AJUSTES NA BASE HIDROGRÁFICA.....	31
FIGURA 5. REPRESENTAÇÃO DA BASE DE DADOS- INTERFACE ARCGIS	34
FIGURA 6. MAPA DE VEGETAÇÃO NATIVA DA ÁREA DE ESTUDO.....	35
FIGURA 7: MAPA DE HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
FIGURA 8. MAPA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE QUANTO À PRESENÇA DE RIOS E NASCENTES.....	37
FIGURA 9. MAPA DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PIRAPÓ – MUNICÍPIO DE APUCARANA, PR.....	38
FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO ENCADEAMENTO DAS FERRAMENTAS PARA A CRIAÇÃO DO MODELO.....	41
FIGURA 11. TÁBUA DE CÁLCULO UTILIZADA NO PROJETO OÁSIS APUCARANA COM A IDENTIFICAÇÃO DOS ITENS QUE PODEM SER TOTAL OU PARCIALMENTE RESPONDIDOS PELO SIG.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TABELA DE VALORAÇÃO DE PROPRIEDADES RURAIS.....	21
TABELA 2. COORDENADAS DOS PONTOS DE CONTROLE PARA O GEORREFERENCIAMENTO DA IMAGEM FUSIONADA.....	27
TABELA 3. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EXIGIDA POR LEI NA ÁREA DE ESTUDO POR TIPO.....	36
TABELA 4. ÁREA E PERCENTUAL DE APP POR STATUS.....	39
TABELA 5. ÁREA E PERCENTUAL DE APP POR TIPO E STATUS.....	39
TABELA 6. ÁREA E PERCENTUAL DE VEGETAÇÃO EXCEDENTE À APP EM RELAÇÃO A 20% DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
TABELA 7: DESCRIÇÃO DO FLUXO PARA A CRIAÇÃO DO MODELO.....	42

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Profº Dr. Everton Passos pela confiança, aprendizado, respeito, paciência e pelas recomendações que garantiram a qualidade dos dados gerados.

Aos amigos e colegas de trabalho Rafael Dudeque Zenni e Guilherme Zaniolo Karam pelas importantes sugestões para o direcionamento das atividades e elaboração da apresentação das informações geradas.

A Fundação O Boticário pela oportunidade de estudo e confiança na utilização do Projeto Oásis como objeto do trabalho.

A Prefeitura de Apucarana, através da Secretaria de Meio Ambiente, pela oportunidade de estudo e pela excelente iniciativa de implantação do projeto como ferramenta de conservação das áreas naturais do município.

A minha esposa Alessandra Cavichia pela compreensão e apoio dado durante o período de desenvolvimento do projeto.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SIGLAS

ALOS - Advanced Land Observing Satellite

APP – Áreas de preservação permanente.

AVNIR-2 - Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer – Type 2

CEPSRM - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, RS.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DXF - Drawing Exchange Format

ESRI - Environmental Systems Research Institute

GPS – Global Positioning System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências.

IVM - Índice de Valoração de Mananciais

PRISM - Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

PSE – Pagamento por Serviços Ecossistêmicos.

SIG – Sistemas de informações geográficas.

WGS-84 - World Geodetic System - 1984

RESUMO

Há um crescente reconhecimento de que a economia e meio ambiente não são mundos distintos, e que o bem estar da sociedade humana depende diretamente da capacidade dos ecossistemas de proverem benefícios, os chamados serviços ecossistêmicos. Os pagamentos por serviços ecossistêmicos podem ser considerados como mecanismos de compensação econômica aos agentes que fazem aumentar a capacidade dos ecossistemas de restaurar ou melhorar suas funções. Algumas iniciativas promovem a prática destes mecanismos, como o Projeto Oásis, que visa o pagamento de proprietários rurais pelos serviços ambientais prestados pelas florestas de suas propriedades, o qual é definido por meio de pontuação atribuída conforme critérios técnicos e legais. O valor monetário pago ao proprietário é dado através do cálculo da pontuação atribuída à propriedade de acordo com critérios estabelecidos em uma tábua de cálculo. Para isso, requer-se a utilização de técnicas adequadas de análises de informações espaciais que permita a obtenção de resultados confiáveis. O objetivo deste trabalho foi atender esta necessidade com a geração de produtos e ferramentas, utilizando-se das geotecnologias, para subsidiar o gerenciamento do Projeto Oásis, no município de Apucarana, PR. A metodologia proposta permitiu reunir e gerar elementos para composição de uma base de dados geográficos para o gerenciamento do projeto, permitindo diversas análises e cruzamento de dados para geração de um mapa de caracterização ambiental da área de estudo, tendo como principais componentes a identificação das áreas de vegetação remanescente e a situação atual das áreas de preservação permanente. Para isso, foi necessária a busca das técnicas adequadas para criação de uma base de dados geográficos e de processamento digital de imagens de satélite, entre elas: fusão dos sensores, tratamento, georreferenciamento, classificação e filtragem. Além disso, foi criada uma ferramenta modelo para padronização e automatização dos processos de extração e cruzamento de dados necessários à pontuação e cálculo do índice a ser atribuído a cada propriedade.

Palavras chave: geoprocessamento, propriedades rurais, pagamento por serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

There is an increasing recognition that the economy and environment are not separated issues, and that the welfare of human society depends directly on the capacity of ecosystems to provide benefits, called ecosystem services. Payments for ecosystem services can be considered as mechanisms of economic compensation to agents that increase the capacity of ecosystems to recover or enhance their functions. Some initiatives promote the practice of these mechanisms, such as the Oasis Project, which aims to pay landowners for environmental services provided by forests on their properties, which is defined by a score given following technical and legal criteria. The monetary value paid to the landowner is given by calculating the scores awarded to the property in accordance with criteria established in a table of calculation. To allow reliable results, this calculation requires the use of appropriate techniques for analysis of spatial information. The objective of this work was to solve this need with the generation of products and tools, using the geo-technologies, to subsidize the management of Project Oasis in the city of Apucarana, PR. The proposed methodology enabled to gather and generate information to construct a spatial database to manage the project, allowing several analysis and linking of data that generate a map of environmental characterization of the study area, that shows the current situation of the remnant vegetation. For this, it was necessary to find appropriate techniques for creating a database of geographic and digital processing of satellite images, including: sensor fusion, processing, georeferencing, classification and filtering. Moreover, a tool for standardization and automation of extraction and data linking, needed to score and calculate the index to be assigned to each property, was created.

1. INTRODUÇÃO

Os serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos são bens e serviços providos pelo ambiente que contribuem direta ou indiretamente para o bem estar humano. Os provedores destes serviços são aqueles que fazem aumentar a capacidade dos ecossistemas de restaurar ou melhorar suas funções. Como mecanismos de compensação econômica a estes provedores, surgem iniciativas de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE).

Projetos de PSE podem caracterizar-se como importantes ferramentas para a conservação do solo, da água e da biodiversidade, as quais envolvem uma transação voluntária acerca de um serviço ambiental bem definido entre ao menos um comprador (sociedade, poder público, iniciativa privada e ONGs) e um vendedor (normalmente, proprietários rurais).

O Projeto Oásis é um exemplo deste tipo de ferramenta. Criado em 2006 pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, organização privada sem fins lucrativos, o projeto visa o pagamento de proprietários rurais da Bacia do Guarapiranga, na Grande São Paulo, pelos serviços ambientais prestados pelas florestas de suas propriedades, premiando aqueles que historicamente preservaram suas florestas e incentivando aqueles que precisam recuperar suas matas.

Em 2009, o Projeto Oásis teve sua primeira replicação no município de Apucarana, PR, local onde foi realizado este trabalho. Apucarana situa-se no norte do estado do Paraná, em uma região de grande produção agrícola, onde existe um processo de redução acentuada dos serviços ecossistêmicos devido à intensa degradação antropogênica dos mananciais, com grandes prejuízos para os proprietários da terra e, conseqüentemente, para toda a sociedade.

O Projeto em Apucarana define as propriedades contempladas por meio de critérios técnicos e legais. Para pleitear o benefício, o proprietário rural deve se cadastrar junto à Secretaria de Meio Ambiente do município que, por meio de uma comissão técnica, analisará *in loco* a condição ambiental da propriedade rural, de acordo com uma tabela de cálculo que pontua aquelas práticas consideradas adequadas. Esta pontuação determinará o valor financeiro que será repassado ao proprietário.

Projetos como este exigem e produzem uma grande quantidade de informações que precisam ser gerenciadas, analisadas e apresentadas de forma eficaz. A identificação de aspectos para caracterização da qualidade ambiental, apoiada em uma base de dados geográficos, possibilita inúmeras análises e cruzamento de dados para obtenção de respostas a questões indispensáveis ao planejamento, tomada de decisões e gestão do projeto.

Este trabalho foi desenvolvido para suprir a necessidade de construção de uma base de dados geográficos para subsidiar o gerenciamento do Projeto Oásis no município de Apucarana, PR. Para tanto, buscou-se a geração da malha hidrográfica da área e a identificação dos remanescentes de vegetação nativa por meio de técnicas de processamento de imagens de satélite. Com base na legislação vigente, foram identificadas as áreas de preservação permanente (APP) exigidas e, posteriormente, gerou-se um mapa de diagnóstico ambiental da área de estudo. Este mapa permitiu a identificação da atual situação das APP e possíveis áreas para alocação de reserva legal das propriedades. Além disso, foi criada uma ferramenta-modelo para padronização e automatização do processo de extração dos dados de uso do solo necessários à pontuação das propriedades participantes do projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Legislação ambiental

A legislação ambiental brasileira é considerada uma das mais restritivas e completas do mundo. Embora não sejam cumpridas adequadamente, as leis ambientais podem garantir a preservação do rico patrimônio natural do país. Entre as principais, destaca-se a lei número 4.771/65, o Código Florestal Brasileiro, que determina a proteção de florestas nativas em todo o território nacional definindo a existência de Áreas de Preservação Permanente (APP) e a exigência da manutenção de áreas de Reserva Legal em todas as propriedades rurais.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas protegidas nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (IAP, 2010). As APP são as áreas de maior fragilidade ambiental, pois ocupam posições críticas do relevo, como faixas ciliares ao longo dos cursos d'água que variam entre 30 e 500 metros das margens dos rios, lagos e reservatórios; topos de morros, ao redor de nascentes, declividade acima de 45º, altitudes acima de 1800 metros. Estes critérios são regulados pela resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002.

A Reserva Legal é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna/flora nativas (art. 1º, § III da Lei nº 4.771/65). No Bioma Mata Atlântica, a área a ser destinada como Reserva Legal deve ser o equivalente a 20% da área total da propriedade (IAP, 2010). A Reserva Legal deve, preferencialmente, proporcionar a conexão com as Áreas de Preservação Permanente formando um mosaico expressivo de vegetação natural na paisagem rural (IAP, 2010).

2.2. Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE)

Enquanto alguns serviços de produção gerados pelos agroecossistemas são prontamente quantificáveis em termos econômicos e sociais, demais serviços ambientais e impactos das mudanças de funcionalidade de ecossistemas devido aos diferentes usos da terra ainda são pouco entendidos (Sosinsk, 2010).

Kumar (2005) define ecossistema como sendo um conjunto de comunidades que interagem entre si como uma unidade funcional que fornece uma ampla gama de serviços através dos seus processos biogeoquímicos, os quais são essenciais para a manutenção da vida no planeta. A manutenção destas unidades é essencial para garantir estes serviços, isto é, se não houver habitat para manter os organismos que promovem esses serviços, os mesmos não serão oferecidos.

Os serviços ambientais são bens e serviços providos pelo ambiente que contribuem direta ou indiretamente para o bem estar humano. Segundo Shiki (2008), os serviços ambientais são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Estes incluem: os serviços de provisão, que são bens produzidos ou fornecidos pelos ecossistemas, como alimento, água, madeira e fibra; serviços de regulação, que benefícios obtidos da regulação que afetam o clima (seqüestro de carbono) e a qualidade da água; serviços culturais que provêm benefícios recreacionais, estéticos e espirituais; e serviços de suporte tais como a formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes.

Na literatura, é possível achar trabalhos que abordam o tema utilizando dois termos diferentes, Serviços Ecossistêmicos e Serviços Ambientais. Embora tenham o mesmo significado, o termo Serviços Ecossistêmicos está sendo mais utilizado em ações voltadas à conservação de ambientes naturais. Isso se deve ao fato do termo Serviços Ambientais ser comumente utilizado em projetos de saneamento básico e até mesmo como marketing de empresas de consultoria ambiental.

Tem sido demonstrado que a presença de vegetação ciliar nas zonas ripárias, que incluem as margens dos riachos e ribeirões, bem como as suas cabeceiras, além de outras áreas saturadas que podem ocorrer na microbacia, constitui condição básica para garantir a manutenção da integridade dos processos hidrológicos e ecológicos (Zakia, 1998). No entanto, estas áreas despertam interesses conflitantes entre agricultores e pecuaristas que a veem com potencial produtivo ou como meio de acesso à água.

A conservação da vegetação ciliar bem como das áreas de mananciais gera uma série de benefícios que são passíveis de serem transformados em unidades monetárias. Para Whately e Hercowitz (2008) as florestas do entorno de mananciais prestam serviços que podem ser valorados por meio de técnicas desenvolvidas pelos economistas. Ainda que não façam parte do mercado, podem ser atribuídos valores monetários a estes benefícios. Em outras palavras, é possível estimar quanto valem os mananciais preservados.

Para isso, são desenvolvidas iniciativas para pagamento pelos serviços prestados pelos ecossistemas preservados. Shiki (2008) afirma que pagamentos por serviços ambientais nada mais são do que mecanismos de compensação econômica aos provedores, isto é, aqueles que fazem aumentar a capacidade dos ecossistemas de restaurar ou melhorar suas funções. Ainda para este mesmo autor, um mecanismo de pagamentos por serviços ambientais pode ser um instrumento eficaz de conservação do solo e água, com possibilidade de implementação utilizando micro-bacias hidrográficas como unidade de planejamento, o que permite o manejo integrado do espaço.

Os projetos de PSE são ações eficientes e potencialmente sustentáveis, pois conserva o que é importante para o bem estar humano sendo baseado no interesse de usuários e provedores dos serviços ambientais. Para que isso funcione, é necessário basear o pagamento aos provedores que verdadeiramente fornecem um serviço. Contudo, é fundamental estar embasado em ciência e amarrar o mecanismo à realidade local. Se não é possível valorar ou medir exatamente o serviço ambiental, paga-se então pelo uso e ocupação do solo que garantirá o fornecimento deste serviço (Sosinsk, 2010).

Kumar (2005) destaca que os tomadores de decisão necessitam de assistência técnica para identificar as oportunidades e os riscos, utilizando diferentes tipos de instrumentos de mercado para serviços ambientais. Assim, torna-se necessária a capacitação para desenvolver as competências de análise, concepção e execução de projetos de serviços ambientais nos setores público, privado e civil.

2.3. Geotecnologias

O avanço de novas tecnologias que manipulam informações espaciais deu origem a um novo termo, conhecido como geotecnologia. Barbosa (2003) considera geotecnologia como o conjunto de ferramentas e materiais utilizados no auxílio de análises de informações espaciais, englobando o uso de imagens de satélites, Sistemas de Posicionamento Global – GPS, Sistemas de Informações Geográficas - SIG, entre outros. Para este mesmo autor, as geotecnologias vêm sendo aplicadas cada vez mais em diversas áreas do conhecimento e estão presentes em muitas situações no cotidiano das pessoas. Atualmente, as ferramentas das geotecnologias também se constituem em importantes instrumentos para análises ambientais que subsidiam as tomadas de decisão.

2.3.1. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas aplicados em projetos ambientais

Segundo Xavier-da-Silva e Zaidan (2004), geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para transformá-los em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante. A principal função do geoprocessamento é de fornecer ferramentas que permitam aos analistas determinarem as evoluções espaciais e temporais dos mais diversos tipos de fenômenos através da análise conjunta de diversos tipos de dados (Câmara e Medeiros, 1998 apud em Santos, 2002).

O Geoprocessamento focaliza, primordialmente, o levantamento e a análise de situações ambientais representadas por conjuntos de variáveis georreferenciadas e integradas em uma base de dados digitais (Xavier-da-Silva; Zaidan, 2004).

Para Santos (2002), geoprocessamento tem a função de uma ferramenta potente utilizada nos mais diversos campos do conhecimento para auxiliar a análise, interpretação e compreensão de condições, localizações, tendências, roteamentos, padrões e modelos.

Através do uso do geoprocessamento tornam-se disponíveis, para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de

relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente. Com este tipo de sistema de informação, tornou-se possível examinar a realidade ambiental segundo uma metodologia inovadora, a ser cotejada, a seguir, com os métodos de investigação ambiental, ditos convencionais ou tradicionais (Xavier-da-Silva; Zaidan, 2004).

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (Câmara; Davis; Monteiro, 2001).

Xavier-da-Silva e Zaidan (2004) definem Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como estruturas de programação que permitem a captura, o armazenamento e atualização dos dados, sua exibição e, acima de tudo, análises e integrações de dados geográficos. Devido às características destes sistemas, eles podem ser aplicados as mais diversas áreas do conhecimento.

Barbosa (2003) destaca que os SIG apresentam uma diversidade de aplicações em várias áreas: agricultura, cartografia, floresta, solos, geofísica, cadastro urbano, redes de concessionárias (água, energia e telefonia), etc.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento.

Pode-se apontar pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas ligados aos estudos ambientais, onde é grande o impacto do uso da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais. Os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros, como por exemplo, levantamentos da cobertura vegetal de determinada região. A área de diagnóstico ambiental objetiva estabelecer estudos específicos sobre regiões de interesse, com vistas a projetos de ocupação ou preservação. Os projetos de avaliação de impacto ambiental envolvem o monitoramento dos resultados da intervenção humana sobre o ambiente e os trabalhos de ordenamento territorial e prognósticos ambientais objetivam normatizar

a ocupação do espaço, buscando racionalizar a gestão do território (Câmara; Davis; Monteiro, 2001).

Segundo Xavier-da-Silva e Zaidan (2004), a percepção do ambiente, entendido como um sistema é normalmente estruturado sob a forma de modelos, que são conjuntos organizados de dados aceitos como correspondentes às estruturas de objetos e atributos ambientais percebidos.

2.3.2. Sensoriamento remoto

Moraes (2002) define sensoriamento remoto ou teledetecção como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos.

Para a mesma autora, este conjunto de atividades envolve a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética.

Dentre as tecnologias hoje disponíveis, o sensoriamento remoto desponta como tecnologia imprescindível em aplicações geoambientais (Antunes, 2007). A criação de mapas de ocupação do solo por meio do processamento de imagens orbitais pode gerar um grande número de informações para melhor conhecimento do espaço geográfico e servir de base para a avaliação da paisagem (Matias et Al, 2009).

Para tanto, um amplo conjunto de operadores, algoritmos e procedimentos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados. Existem diversas técnicas de processamento digital de imagens documentadas com seus fundamentos e aplicações, as quais objetivam extrair informações que o olho humano seria incapaz de perceber (Schowengerdt, 1997).

Por outro lado, os constantes avanços tecnológicos propiciam o aumento das opções de imagens de satélites disponíveis no mercado, tornando cada vez mais

acessível a aquisição de imagens de alta resolução que em outros tempos eram produtos de altíssimos custos.

Destaca-se crescente interesse por uma grande parcela da comunidade do sensoriamento remoto, incluindo IBGE, pelas imagens dos sensores AVNIR-2 e PRISM do satélite japonês ALOS pelo custo muito inferior às imagens existentes no mercado com as mesmas características e pela excelente qualidade de posicionamento prometida (Luz et AL, 2009). O AVNIR-2 é um sensor óptico com 4 bandas espectrais (visível e infravermelho próximo) com resolução espacial de 10m. Suas imagens são úteis para o mapeamento do uso e cobertura do solo para fins de monitoramento ambiental regional. O sensor PRISM opera na faixa da luz visível, com uma banda pancromática e resolução espacial de apenas 2,5 m (IBGE, 2010).

2.3.2.1. Processamento digital de imagens orbitais

As imagens na forma em que são recebidas originalmente dos satélites, também chamadas de imagens brutas, apresentam degradações radiométricas devido a desajustes na calibração dos detectores, erros esporádicos na transmissão dos dados, influências atmosféricas, e distorções geométricas (Figueiredo, 2005). Todas estas imperfeições, se não corrigidas, podem comprometer os resultados e produtos derivados das imagens. Essas correções são feitas por meio de técnicas de processamento de imagens digitais.

2.3.2.1.1. Filtragem

O processo de convulação ou filtragem de uma imagem envolve técnicas para alteração do valor de determinados conjuntos de pixels ao longo da imagem que visam melhorar as características visuais (aumento de contraste, diminuição de ruídos e/ou distorções). Basicamente, os filtros de baixa frequência, ditos passa baixa ou suavização, eliminam as altas frequências da imagem deixando passar somente as baixas frequências, suavizando assim a imagem. Os filtros de alta frequência ou passa alta, eliminam as feições de baixa frequência, o que faz com

que realce as bordas das feições da imagem (Antunes, 2007). Esta técnica modifica, através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem, facilitando a análise do fotointérprete (Figueiredo, 2005).

2.3.2.1.2. Fusão de imagens orbitais

Para melhor aproveitamento das informações produzidas por diferentes sensores, são necessários alguns métodos de processamento que combinam imagens de diferentes características espectrais e espaciais para sintetizar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original. A estas operações dá-se o nome de fusão de imagens (CEPSRM, 2010).

As técnicas de fusão podem ser divididas em três grupos: as que utilizam um modelo de domínio espacial, as de domínio espectral e as que trabalham com operações algébricas. Os modelos de domínio espacial são aqueles que isolam a informação espacial de alta frequência provenientes da imagem de alta resolução e a combinam com a imagem multiespectral (Schowengerdt, 1997).

O grupo de modelos de domínio espectral é formado pelos processos que realizam uma transformação na imagem multiespectral, resultando um novo conjunto de bandas onde uma delas é correlacionada com a imagem pancromática. Os modelos algébricos operam funções aritméticas pixel-a-pixel. Como exemplo deste, pode ser citada a técnica *Brovey*, a qual consiste na combinação matemática de imagens coloridas e dados de alta resolução onde cada banda da imagem colorida é multiplicada pela razão da imagem pancromática dividida pela soma das bandas da imagem colorida (Pinho et al, 2005).

2.3.2.1.3. Georreferenciamento de imagens

Antes de explicar o conceito de georreferenciamento, é importante explicitar o conceito mais amplo de registro de imagem. O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. Isto é, o registro estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas (INPE, 2010).

Georreferenciamento é o registro executado quando as coordenadas de referência modelam a superfície terrestre (exemplo: latitude, longitude e altitude, coordenadas UTM, etc.). O georreferenciamento, como toda transformação, cria parâmetros que permitem, a partir da leitura das coordenadas pixel da imagem, obter as correspondentes coordenadas de terreno para aquele ponto (INPE, 2010).

O georreferenciamento é uma operação necessária para se fazer a integração de uma imagem à base de dados existente num SIG ou até mesmo para se combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área antes do processo de fusão.

Segundo Figueiredo (2005), após a aquisição dos coeficientes dos modelos que descrevem as distorções na imagem, uma função de mapeamento é criada para a construção da nova imagem corrigida. Um modelo frequentemente utilizado é o *Polinomial*, cujos coeficientes são estimados a partir de pontos de controle identificáveis na imagem, e com localização geográfica precisamente conhecida. Para este autor, os pontos de controle devem ser igualmente distribuídos em toda a imagem, caso contrário, as regiões com pouco ou nenhum ponto podem sofrer mais distorções ainda.

2.3.2.1.4. Classificação digital de imagens

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos sendo utilizado em sensoriamento remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (INPE, 2010). Segundo Lillessand e Kieffer (1987), o objetivo dos procedimentos de classificação é categorizar automaticamente todos os pixels de

uma determinada imagem, atribuindo a cada pixel uma característica que contenha as informações de um objeto do mundo real.

Duas abordagens distintas são adotadas na classificação automática de imagens digitais: classificação supervisionada e não supervisionada. No método de classificação não supervisionada não há necessidade do conhecimento a priori sobre as classes existentes na imagem. Entretanto, é necessário que o analista forneça ao sistema alguns parâmetros (limiares) os quais servirão de critérios de decisão no momento do agrupamento de pixels em classes distintas, ou seja, o algoritmo define as classes praticamente sem a interferência do analista (Richards, 1986).

No método de classificação supervisionada é exigido o conhecimento prévio do fotointérprete sobre a área que se deseja classificar. Em outras palavras, é necessário o conhecimento do comportamento espectral dos alvos contidos na área para poder retirar amostras significativas de cada classe (Adami et al, 2010). Para Lillesand e Kiefer (1987), entre os métodos de classificação supervisionada, os mais comuns são a classificação por Paralelepípedo (*Single Cell*) e a classificação por Máxima Verossimilhança (*MaximumLikelihood*).

2.4. Projeto Oásis

Seguindo as premissas do Pagamento por Serviços Ecossistêmicos, em 2006, a Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, organização sem fins lucrativos que desde 1990 atua com a missão de promover e realizar ações de conservação da natureza, lançou o Projeto Oásis. Este projeto visa a premiação financeira de proprietários de terras que mantêm remanescentes de Mata Atlântica protegidos e que, assim, contribuem para a conservação de mananciais da região da Bacia do Guarapiranga, na Grande São Paulo. O Projeto Oásis em São Paulo tem hoje a participação de 13 propriedades particulares, cujas áreas naturais somam 657 hectares e abrigam 82 nascentes (Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2010).

Como primeira replicação do Projeto desenvolvido em São Paulo, em março de 2009, a Câmara Municipal de Apucarana (PR) aprovou a implantação do Projeto Oásis buscando a melhoria da qualidade de vida e o aumento da quantidade e

qualidade da água dos rios que correm no município. O Projeto define as propriedades contempladas pela iniciativa por meio de critérios técnicos e legais. O objetivo da seleção é incentivar a proteção das florestas e nascentes, aumentar a cobertura vegetal, implantar ações de saneamento ambiental, promover a adoção de práticas conservacionistas de solo e recuperação de áreas degradadas. Para pleitear o benefício, o proprietário rural deverá se cadastrar junto à Secretaria de Meio Ambiente do município que, por meio de uma comissão técnica, vai analisar “*in loco*” a condição ambiental de toda a propriedade rural de acordo com uma tabela de cálculo que pontua aquelas práticas consideradas adequadas. Esta pontuação determinará o valor financeiro que poderá ser repassado ao proprietário. Se o proprietário rural não estiver em dia com a legislação ambiental ou se não estiver praticando manejo de baixo impacto, ele receberá toda a assessoria necessária para promover a recuperação ambiental. (Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2010).

As características observadas nas propriedades são, entre outras: a existência de Reserva Legal e das Áreas de Preservação Permanente, bem como seu estado de conservação, sendo que áreas mais bem conservadas recebem uma pontuação maior; a conectividade da Reserva Legal com as Reservas Legais dos vizinhos e com as Áreas de Preservação Permanente, quanto maior a conectividade entre os fragmentos maior é a pontuação; a existência de áreas de floresta nativa que excedam a Reserva Legal e as Áreas de Preservação Permanente, quanto mais área excedente, maior a pontuação; a existência de linhas de quebra vento ou cercas vivas feitas exclusivamente com espécies nativas; a quantidade de nascentes com suas matas ciliares protegidas existentes na propriedade. Estes, entre outros fatores, produzirão um índice de valoração da propriedade rural que definirá o quanto cada proprietário receberá por mês. A cada ano é feita uma nova vistoria da propriedade rural e o valor pago ao proprietário poderá aumentar ou diminuir, dependendo de suas ações para melhorar a qualidade ambiental de sua propriedade. Por exemplo, se o proprietário implanta um projeto de recuperação ambiental da Reserva Legal ele passa a receber mais do que antes, mas, se por outro lado, ele desmata uma área ele passa a receber menos podendo até ser excluído do projeto (Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2010).

Parte dos recursos que viabilizam a iniciativa é oriundo da SANEPAR (Empresa de Saneamento e abastecimento do Paraná), que repassa mensalmente

ao Fundo Municipal do Meio Ambiente 1% do que a empresa fatura na cidade. Espera-se aumentar o volume de recursos no Fundo para que todos os proprietários rurais na região do projeto possam participar (Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2010).

Ao atender todos os pré-requisitos do projeto a propriedade se torna apta a receber os pagamentos por serviços ambientais e recebe um índice 1. Em seguida são observados outros fatores que, sendo considerados positivos, somam-se ao índice base, conforme indicado na tabela. O mínimo que uma propriedade apta pode atingir é 1 e não há valor máximo, pois quanto mais floresta houver na propriedade maior será o índice. Abaixo, segue a tabela de valoração utilizada para a pontuação das propriedades rurais participantes.

TABELA 1: TABELA DE VALORAÇÃO DE PROPRIEDADES RURAIS

Questão	Resposta	Índice
Possui todos os quesitos exigidos pelo projeto?	Sim	Apta
	Não	Inapta
Parte da propriedade é RPPN?	Sim	+0,2
	Não	+0
As áreas de preservação permanente estão em bom estado de conservação?	Predominantemente sim	+0,3
	APP com vegetação predominantemente florestal, mas com sinais de degradação passada	+0,2
	APP degradada, mas com plano de recuperação implantado	+0,1
	APP degradada, com plano de restauração não implantado ou sem plano de restauração	+0
Possui a reserva legal formada por vegetação nativa e em bom estado de conservação?	Predominantemente sim e sem manejo	+0,3
	Predominantemente sim e com manejo de baixo impacto	+0,2
	Reserva legal degradada, mas com plano de recuperação implantado	+0,1
	Reserva legal degradada, com plano de restauração não implantado ou sem plano de restauração, ou com manejo convencional	+0
	Reserva legal em regime de servidão florestal	+0,1
Possui área com vegetação nativa excedente às APP e RL? (Indicar qual o tamanho da área excedente, em hectares, e o valor adicional será dado por hectare excedente)	Sim, sendo área em estágio sucessional avançado	+0,2
	Sim, sendo área em estágio sucessional médio	+0,1
	Sim, sendo área em estágio sucessional inicial	+0,05
	Não	+0
As áreas de vegetação natural na propriedade, excedentes à APP e RL formam um bloco único >=10 hectares? RPPNs não são contempladas nesta questão.	Sim	+0,2
	Não	+0
As áreas de vegetação nativa (incluindo reserva legal, mas não APP) estão conectadas à área de vegetação nativa de algum vizinho?	Não	+0
	1 Vizinho	+0,01
	2 Vizinhos	+0,02
	3 ou mais vizinhos	+0,04
A reserva legal está conectada à parte da APP?	Sim	+0,02

Questão	Resposta	Índice
	Não	+0
Possui nascentes com APP preservada?	Não tem nascentes	+0
	1 Nascente com APP preservada	+0,15
	2 Nascentes com APP preservada	+0,25
	3 Nascentes com APP preservada	+0,45
	4 Nascentes com APP preservada	+0,85
	5 Nascentes com APP preservada	+1,6
	6 Nascentes com APP preservada	+3,2
	7 Nascentes ou mais com APP preservada	+6,4
Faz agricultura orgânica (produção certificada)?	Sim, somente	+0,2
	Sim, parcialmente	+0,1
	Não	+0
Possui sistema de tratamento de esgoto distante mais de 100 m do curso d'água mais próximo?	Sim	+0,1
	Não	+0
Alguma planta da propriedade é cadastrada por órgão competente como árvores porta-semente (matriz)?	Sim	+0,05
	Não	+0
Possui cercas-vivas ou linhas quebra-vento feitas exclusivamente com espécies nativas?	Sim	+0,1
	Não	+0

3. MATERIAL E PROCEDIMENTOS

3.1. Material

Por atender as necessidades deste projeto, foram utilizadas imagens orbitais do satélite japonês ALOS, sendo uma imagem multiespectral, sensor AVNIR-2 (cena ALAV2A181534070) e uma pancromática, sensor PRISM (cena ALPSMW181534075) ambas tomadas em 21 de junho de 2009.

Foram obtidas quatro folhas de cartas (2757-4, 2758-3, 2783-2, 2784-1) da base hidrográfica do Paraná (2003) originalmente na escala 1:50.000, formato DXF e projeção cartográfica UTM fuso 22 no *Datum* SAD-69. Também foram utilizados dados topográficos de delineamento de canais de drenagem e divisores de água (Banco de dados Topodata, disponibilizado pelo INPE).

Para todos os processamentos e análises dos dados foi utilizado o software ArcMAP do pacote ArcGIS versão 9.3 com a extensão *Espacial Analyst* e para a conversão de arquivos foi utilizado o software GlobalMapper versão 9.02. A coleta dos dados em campo foi feita com a utilização aparelho receptor GPS Garmin modelo 60CSX.

3.2. Caracterização da área de estudo

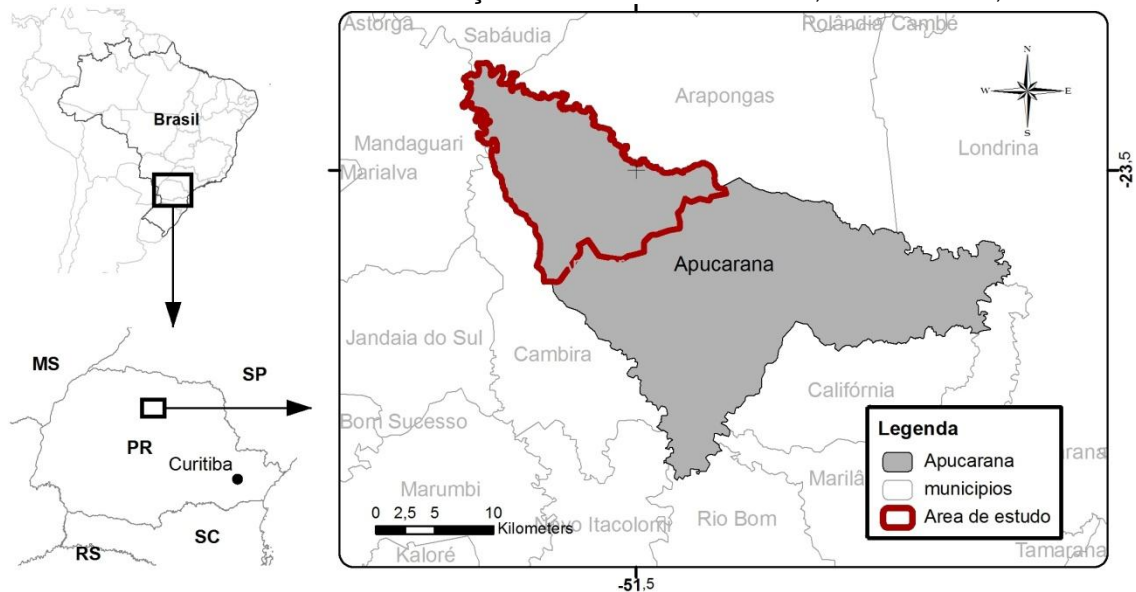
Segundo MAACK (1968), o estado do Paraná divide-se em cinco grandes regiões geográficas baseadas na posição das escarpas, vales e divisores de água. Estas cinco regiões correspondentes ao Litoral, Serra do Mar, Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa, Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava.

O município de Apucarana situa-se no Terceiro Planalto a 370 km da capital do estado do Paraná, Curitiba, compreendendo parte das bacias dos rios Tibagi, Ivaí e Pirapó. A região é denominada por MAACK (1968) de Planalto de Apucarana.

A área estudada (figura 1) possui 16.373,10 ha e abrange parte da zona rural do município de Apucarana. Inserida na bacia do rio Pirapó, área está localizada entre as coordenadas geográficas 51° 38' W; 23° 24' S e 51° 25' W; 23° 35'. A altitude média é de 983m e, de acordo com ITCG (2009), a formação florestal é a

Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Fluvial Subcaducifolia) Montana do Bioma Mata Atlântica (Fonte: IBGE, 2005).

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, APUCARANA, PR



FONTE: Municípios IBGE, 2007.

Segundo a classificação climática de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfa (mesotérmico úmido, sem estação seca e com verão quente), sendo que a temperatura atinge a média anual de 20,3°C, obtida entre a máxima de 26° e a mínima de 16° (Apucarana, 2010).

Apucarana possui uma população de 121.290 habitantes (IBGE, 2009). Embora grande produtor agrícola, é na indústria que está a maior fonte de renda do Município, principalmente com o beneficiamento da produção agrícola da região (Apucarana, 2010).

3.3. Desenvolvimento do projeto

Para o desenvolvimento das atividades propostas, foram estabelecidos os seguintes passos:

3.3.1. Processamento digital de imagens para geração do mapa de uso do solo e para a parametrização dos elementos da paisagem atual, seguindo os procedimentos de:

- 3.3.1.1. Fusão das imagens;
- 3.3.1.2. Georreferenciamento da imagem;
- 3.3.1.3. Classificação digital das imagens;
- 3.3.1.4. Pós-classificação para refinamento.

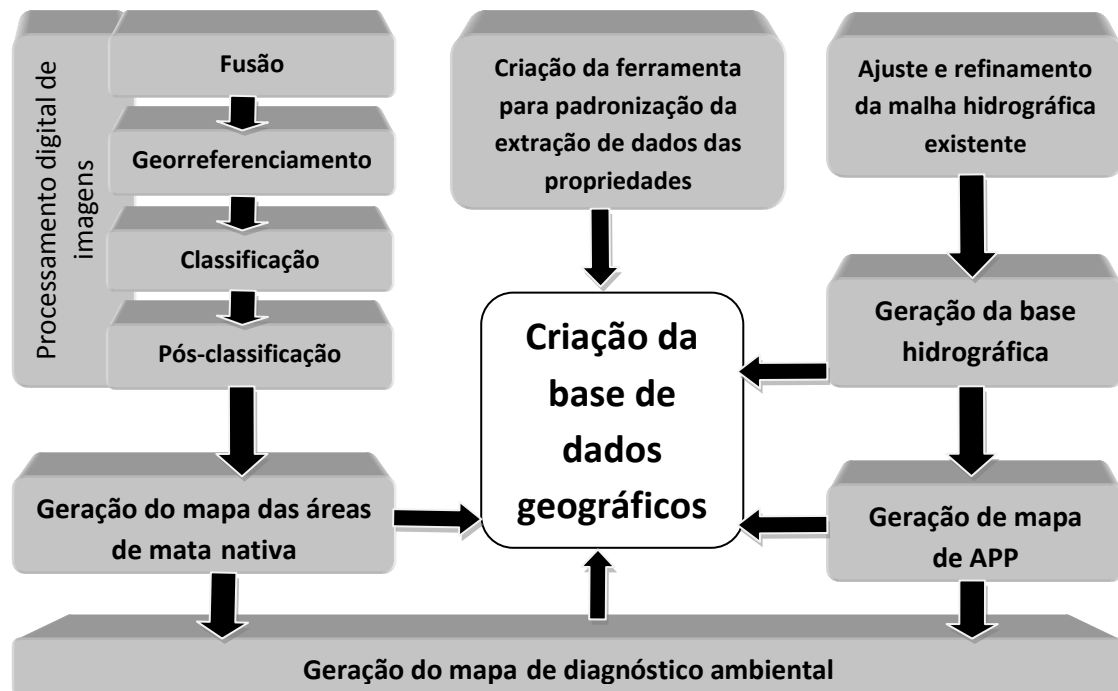
3.3.2. Processamento de dados para criação de uma base de dados geográficos:

- 3.3.2.1. Aquisição, avaliação e ajustamento da base hidrográfica;
- 3.3.2.2. Geração do mapa de área de preservação permanente em função da presença de rios e nascentes;
- 3.3.2.3. Geração de mapa das áreas de mata nativa com o produto gerado pela classificação de uso do solo;

3.3.3. Cruzamento dos dados para diagnóstico ambiental da área. Avaliação do estado atual das áreas de preservação permanente e detecção de áreas possíveis para Reserva Legal.

3.3.4. Automatização e padronização do processo de extração de dados das propriedades. Criação de uma ferramenta-modelo fazendo encadeamento de várias ferramentas disponíveis no software ArcMAP 9.3 para cruzamento dos dados de APP e vegetação das propriedades rurais;

FIGURA 2: FLUXO DAS ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO



3.3.1. Processamento das imagens

3.3.1.1. Fusão das imagens

Antes de iniciar a fusão dos sensores, foi feito - com o uso da ferramenta *Georreferencing* - o ajuste da imagem multiespectral com a imagem pancromática. O processamento para fusão foi feito com a ferramenta *CreatePan-sharpenedRasterDataset* optando-se pelo método *Brovey* por ter proporcionado, ao mesmo tempo, uma boa resposta espectral e boa qualidade visual. O método “*Color Normalized (Brovey)*” é uma técnica de fusão que usa uma combinação matemática de imagens coloridas com dados da imagem de alta resolução. Cada banda da imagem colorida é multiplicada pela razão da imagem pancromática dividida pela soma das bandas da imagem colorida. Os parâmetros foram dados pela banda 1 no canal azul, a banda 2 no canal verde, banda 3 no canal vermelho e a banda 4 no infra vermelho.

3.3.1.2. Georreferenciamento da imagem fusionada

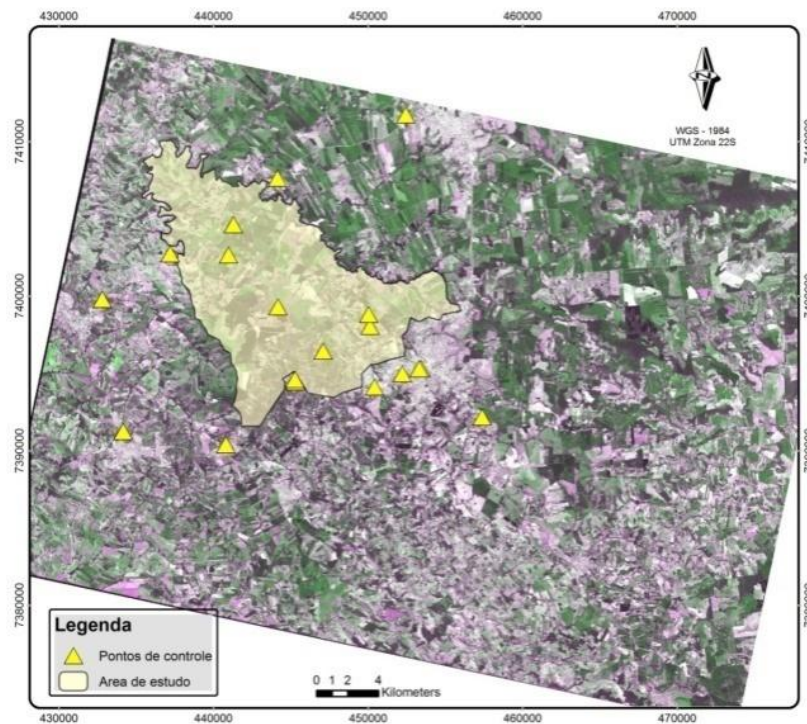
Para o georreferenciamento da imagem foi utilizada a ferramenta *Georeferencing*. A referência foi dada pelos 17 pontos de controle coletados em campo com o receptor GPS, apresentados na tabela e na figura logo abaixo, com parâmetro *Polinômio de primeira ordem*. Para todos os pontos coletados, a precisão indicada pelo aparelho era de 3 a 5 metros em média. A imagem foi georreferenciada no sistema de coordenadas geográficas, *Datum* WGS-84 e posteriormente projetada para o sistema de projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 22.

TABELA 2. COORDENADAS DOS PONTOS DE CONTROLE PARA O GEORREFERENCIAMENTO DA IMAGEM FUSIONADA.

ID	Ponto	Obs.	POINT_X	POINT_Y
4	Trevo próx. P. da Redenção	Centro do círculo do trevo	-51,48861	-23,52701
6	Lanchonete P. da Redenção	Canto do telhado próx ao lago	-51,48941	-23,51999
7	Praça do Bairro Pirapó	Ponto central a 3 m da edificação	-51,53586	-23,55918
8	Campo de futebol	Canto próx à rua.	-51,53623	-23,55782
11	Fazenda Ubatuba (Ratinho)	Entrada da fazenda.	-51,54679	-23,51531
12	Indústria Belagícola	Ponta do telhado da casa na entrada	-51,57811	-23,48500
16	Trevo de Arapongas	Centro do trevo	-51,46547	-23,40342
17	Igreja	Ponto entre centro da igreja e estrada	-51,54679	-23,44020
18	Posto Gisela II	Ponta do telhado prox a estrada.	-51,57484	-23,46718
19	Ponte rio Pirapó	Centro da estrada e da ponte	-51,61506	-23,48414
20	Trevo BR 444	Centro do círculo do trevo	-51,65811	-23,51055
21	Trevo	Centro da estrada e do trevo	-51,64530	-23,58771
22	Trevo estrada de Cambira	Centro do círculo do trevo	-51,58014	-23,59574
23	Barracão da Cocamar	Canto esquerdo da entrada do barracão	-51,48578	-23,56232
24	Sematur	Ponta (esquina) da casa da Sematur	-51,46817	-23,55472
30	Fazenda Sr Paulo	Ponto entre o rio e o carreador	-51,51825	-23,54133
45	Trevo saída de Apucarana	Centro do círculo do trevo	-51,41767	-23,58015

FONTE: Dados de pesquisa, 2010.

FIGURA 3. IMAGEM FUSIONADA E DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS COLETADOS EM CAMPO PARA GEORREFERENCIAMENTO.



FONTE: Imagens ALOS, IBGE, 2010.

3.3.1.3. Classificação das imagens

Para a identificação das classes de uso do solo, foi feita em campo com o uso do receptor GPS, a coleta de 39 pontos de amostragem tendo ao menos 3 pontos de para cada uma das seguintes classes:

- vegetação nativa estágio avançado e médio¹;
- vegetação nativa estágio inicial¹;
- várzea;
- plantio de eucalipto;
- água;
- pasto;
- agricultura;
- ocupação urbana.

¹RESOLUÇÃO CONAMA nº 2, de 18 de março de 1994 - Define formações vegetais primárias e estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado do Paraná.

Com as amostras coletadas e a imagem fusionada e georreferenciada foi criado, com a ferramenta *CreateSignatures*, um arquivo vetorial de assinatura espectral com os polígonos das classes de uso do solo a serem identificadas. Em seguida, foi realizado o procedimento de classificação supervisionada da imagem com o método Máxima Verossimilhança. Essa técnica consiste na extração de amostras de pixel para interpretar a imagem de forma automática, proporcionando uma classificação mais aferida (Sadeck, 2010). O processamento foi feito com a utilização da ferramenta *MaximunLikelihoodClassification* disponível na extensão *Espacial Analyst*. Como parâmetro para Rejeição de Frações foi optada por manter “0.0” o que indica que todas as células serão classificadas. Para o parâmetro Probabilidade a Priori, foi optado pela opção *Sample* (Amostra), a qual estabelece que as probabilidades a priori atribuídas a todas as classes amostradas no arquivo de assinatura de entrada será proporcional ao número de células capturadas em cada assinatura. Por conseguinte, classes que têm menos células do que a média da amostra receberá pesos abaixo da média e aqueles com mais células receberá maior peso do que a média. Como resultado, as respectivas classes terão mais ou menos células que lhes forem atribuídas (Esri, 2010).

3.3.1.4. Pós classificação

Como o produto gerado apresentou ruídos e imperfeições, foi necessário o procedimento de pós-classificação para filtragem de pixels que possivelmente tenham sido classificados de forma incorreta. A pós-classificação tem o objetivo de uniformizar os temas, ou seja, eliminar pontos isolados, classificados diferentemente de sua vizinhança. Assim, gera-se uma imagem classificada com aparência menos ruidosa (INPE, 2010). Para isso, foi utilizada a ferramenta *MajorityFilter* também disponível na extensão *SpacialAnalist*. Como parâmetro de números de vizinhos para usar como referência (*numberofneighboringto use*), foi utilizado o *kernel EIGHT* que usará os 8 pixels vizinhos criando assim uma matriz 3x3. Como limiar de substituição (*replacementthreshold*) foi escolhido o parâmetro *MAJORITY* onde a maioria das células deve ter o mesmo valor e serem contíguas.

Embora a resposta espectral para áreas de vegetação nativa em estágios médio e avançado tenha sido boa, a resposta para as outras classes não foi

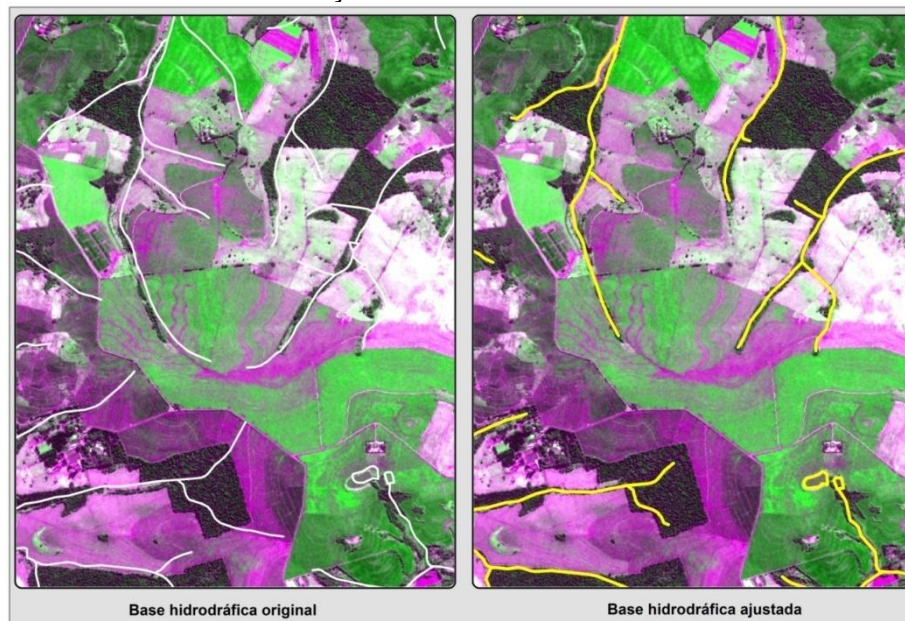
igualmente satisfatória. Por isso, optou-se pela reclassificação das classes: vegetação nativa estágio inicial, várzea, plantio de eucalipto, água, pasto, agricultura e ocupação urbana em uma única classe, tornando-se descartada a hipótese de individualizar as classes que não se referem à mata nativa.

3.3.2. Processamento de dados para criação de uma base de dados geográficos

3.3.2.1. Aquisição, avaliação e ajustamento da base hidrográfica;

A geração de uma base hidrográfica foi dada a partir da utilização de quatro folhas de cartas (2757-4, 2758-3, 2783-2, 2784-1) de uma base já existente (Paranacidade, 2003) originalmente na escala 1:50.000, formato DXF e projeção cartográfica UTM fuso 22 no *Datum* SAD-69. Com o uso da ferramenta *ExportToShapeFile* no software GlobalMapper versão 9.0, as cartas foram convertidas para o sistema de coordenadas geográficas, *Datum* WGS-84 em formato SHP sendo divididas em arquivos de geometrias lineares e poligonais. Já no software ArcMAP 9.3, função *Merge*, os arquivos de linhas (rios) foram juntados em um único ShapeFile. O mesmo procedimento foi executado com os arquivos poligonais que apresentavam os lagos da área. Destes arquivos, foram extraídos apenas os dados da área de estudo com a função *Clip* do software ArcMAP. Baseando-se visualmente na imagem fusionada e em dados topográficos de delineamento de canais de drenagem e divisores de água (Banco de dados Topodata, disponibilizado pelo INPE) foram feitos ajustes para refinamento da base hidrográfica e a inserção de pontos para representação das nascentes no início dos cursos dos rios.

FIGURA 4. REPRESENTAÇÃO DOS AJUSTES NA BASE HIDROGRÁFICA.



FONTE: Imagem ALOS fusionada, 2010 e Base hidrográfica Paranacidade, 2003.

3.3.2.2. Geração do mapa de área de preservação permanente (APP)

As Áreas de preservação permanente (APP) foram geradas de acordo com o artigo 3º da Resolução CONAMA nº 303 que define uma faixa de 30 metros a partir das margens dos rios com até 10m de largura e um raio de 50m para os pontos das nascentes. A área de estudo não possui rios com larguras maiores de 10 m, por isso apenas estas medidas das larguras para delimitação de vegetação ciliar foram consideradas neste trabalho. A região não possui um relevo acidentado nem mesmo grandes amplitudes altimétricas, sendo assim, considerando que esta decisão não afeta a integridade e a consistência deste trabalho, foi descartada a necessidade de geração de APP para áreas com declividade superior a 45°, bem como APP de topos de morros (Ver anexo 2).

O processamento foi feito com o uso da ferramenta *Buffer* para gerar as áreas de entorno dos rios e das nascentes, ferramenta *Merge* para juntar os arquivos e *Union* para possibilitar a separação dos polígonos de APP. Assim, foi possível a extração do valor das áreas separadas por tipo de APP, ou seja, APP de rios e APP de nascentes. As áreas de intersecção entre APP de rios e APP de nascentes, foram consideradas para APP de nascentes

3.3.2.3. Geração de mapa das áreas de mata nativa com o produto gerado pela classificação de uso do solo;

Após conversão para arquivo vetorial do produto gerado na classificação, foi extraído o layer de vegetação nativa. Procurando refinar ainda mais os dados, este layer passou pelo processo de preenchimento automático dos polígonos que ainda apresentavam pequenos “buracos” utilizando a ferramenta *Topology* com a regra *Must NotHave Gaps*, o que significa que um vazio não pode existir entre áreas da mesma camada.

Por fim, foram eliminados todos os polígonos com áreas menores de 100m² eliminado assim os últimos resíduos oriundos de possíveis falhas no processamento de classificação.

3.3.3. Cruzamento dos dados para diagnóstico ambiental da área

Gerados os *layers* de vegetação nativa e APP exigidas segundo critérios apresentados, foi possível o cruzamento dos dados para identificação da atual situação (status) das APP, sendo caracterizada como APP preservada e APP a recuperar ou em recuperação e identificação das áreas com vegetação excedente às APP. Para isso, foi adicionado um campo na tabela do arquivo (*layer*) de APP chamado “APP” no qual foi inserido o valor “2”. No arquivo de vegetação foi criado um novo campo chamado “VEG”, para o qual foi atribuído o valor “1”. Assim, com a ferramenta *Union* foi possível a união destes dois *layers*, gerando um novo arquivo com todos os campos gerados anteriormente preservados. Neste foi criado um campo denominado “TOTAL” e com a ferramenta *Calculate Field* foi montada uma simples fórmula matemática de soma dos campos APP e VEG.

$$[TOTAL] = [APP] + [VEG]$$

Desta forma, o resultado 1 (apenas áreas de vegetação) indica as áreas de vegetação excedente às APP, o resultado 2 (apenas áreas de preservação

permanente) indica as áreas com APP a recuperar e o resultado 3 (APP + vegetação) representa as áreas com APP preservada.

Como a área estudada é parte da área rural do município, foi feito um cálculo para simulação de possíveis áreas para alocação de Reservas Legais² considerando a área total de estudo como uma única propriedade, ou seja, a área de vegetação excedente à APP (resultado 1) foi dividida pelo valor de 20% do total da área estudada.

3.3.4. Automatização e padronização do processo de extração de dados das propriedades

Para que o processo de extração dos dados das propriedades seja padronizado, houve a necessidade de criação de um modelo que pudesse ser executado sempre que necessário garantindo a preservação dos critérios e parâmetros previamente estabelecidos. Para isso, foi utilizado o *ModelBuilder*, uma aplicação oferecida pela tecnologia ArcGIS, que permite criar, editar e gerenciar modelos fazendo o encadeamento de ferramentas usando a saída de uma como a entrada para outra, automatizando uma sequência de operações a partir de uma base de dados para gerar informações e novos produtos. Neste modelo são utilizados os layers de Rios (base hidrográfica ajustada); Nascentes (inserção de pontos no início dos cursos dos rios) e; Vegetação nativa (gerado pela classificação da imagem fusionada).

O processo automatizado extrai as áreas de vegetação nativa, nascentes e rios da propriedade em questão e gera os polígonos de APP que são cruzados com os polígonos de vegetação. Assim, torna-se possível a identificação e cálculo das áreas de APP preservada, APP a recuperar e vegetação excedente à APP de cada propriedade.

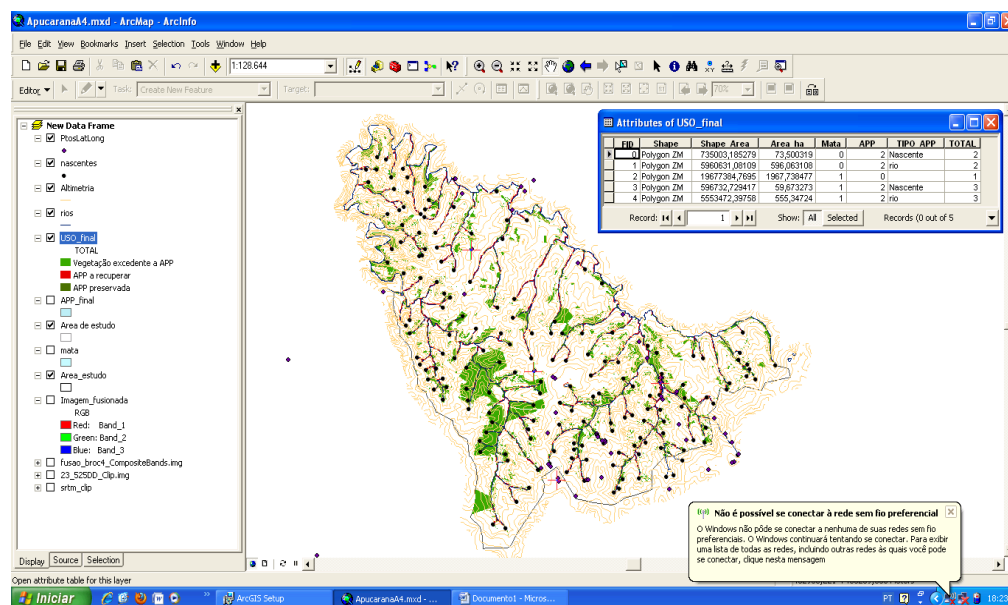
² Reserva Legal é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna/flora nativas (art. 1º, § III da Lei nº 4.771/65). No Bioma Mata Atlântica, a área e ser destinada como Reserva Legal deve ser o equivalente a 20% da área total da propriedade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Criação da base de dados geográficos

Os produtos gerados para composição da base de dados foram planos de informação em escala 1:10.000 no formato *ShapeFile* composto por *layers* de: hidrografia (rios, nascentes e lagos); mata nativa; situação das áreas de preservação permanente quanto à presença de rios e nascentes; uma imagem de satélite ALOS colorida com 2,5m de resolução espacial. Todos estes itens possibilitaram a criação de um mapa de áreas prioritárias para a conservação e recuperação de áreas naturais do município.

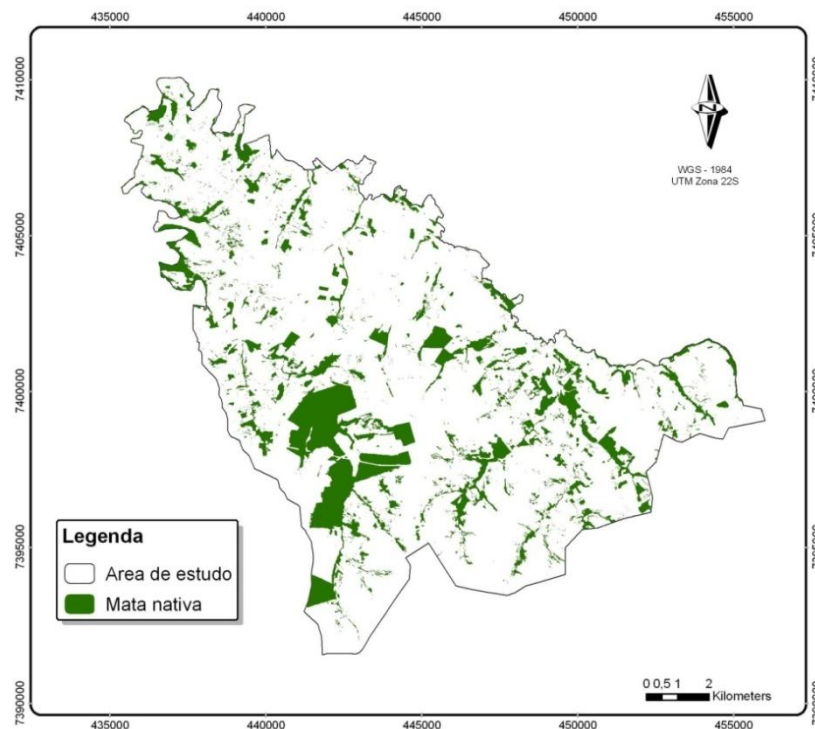
FIGURA 5. REPRESENTAÇÃO DA BASE DE DADOS- INTERFACE ARCGIS



4.1.1. Identificação das áreas de vegetação nativa

O produto final da classificação digital da imagem foi gerado com apenas duas classes denominadas “mata” e “não mata”. Cabe destacar que os polígonos de vegetação nativa (mata) não se referem a todas as áreas naturais da região de estudo, e sim, às áreas de floresta nativa em estágio médio e avançado da região. Como resultado, foram a identificados 2.582,75 ha de vegetação nativa.

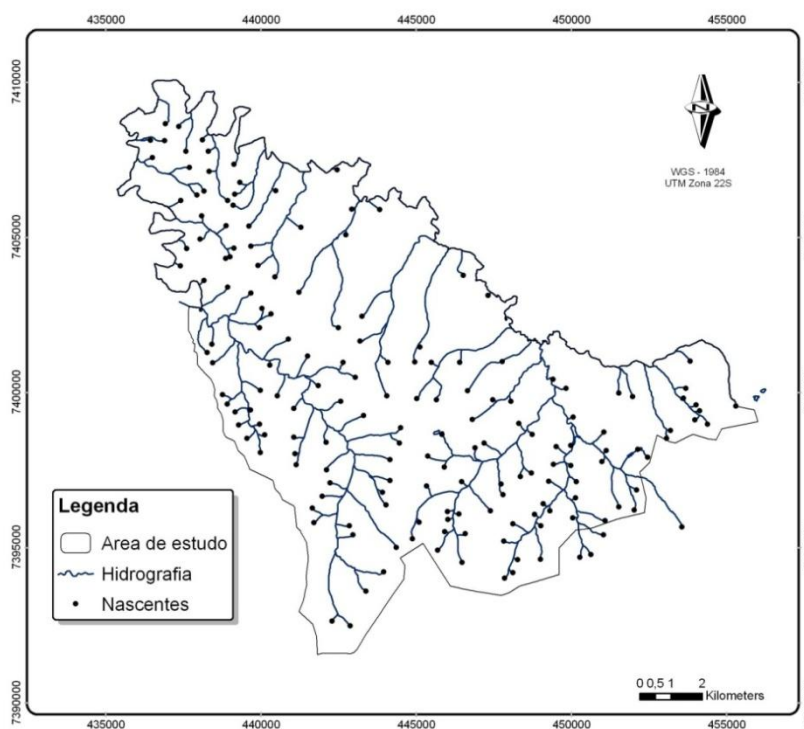
FIGURA 6. MAPA DE VEGETAÇÃO NATIVA DA ÁREA DE ESTUDO.



4.1.2. Malha hidrográfica

A base hidrográfica foi criada a partir da aquisição e ajustamentos de uma base existente, sendo identificadas na área 175 nascentes e 207.182 metros lineares de rios.

FIGURA 7: MAPA DE HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO.



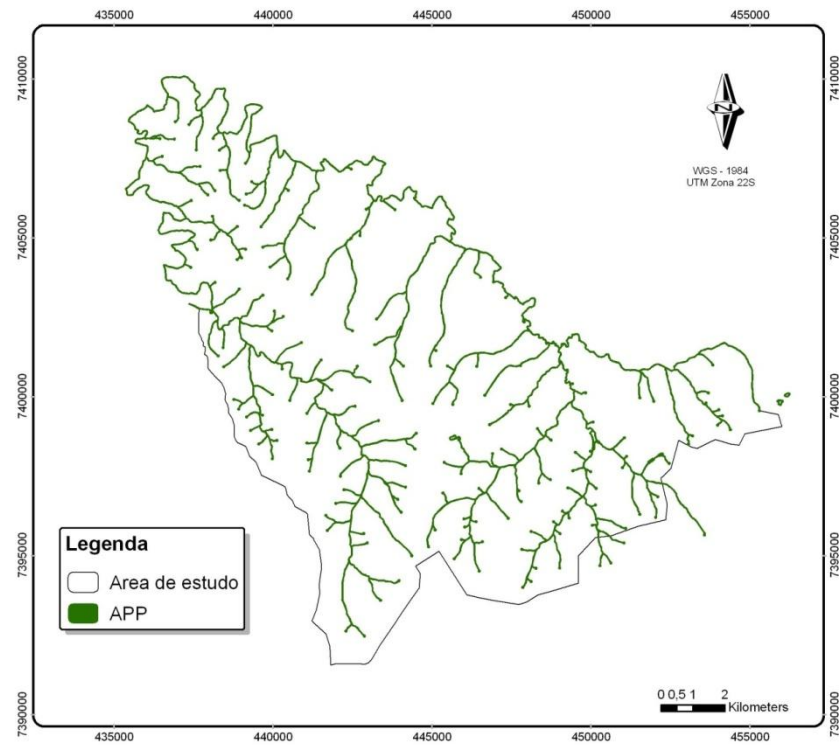
4.2. Identificação das Áreas de Preservação Permanente

Como pode ser visualizado na tabela abaixo, foi identificada a área total de 1.284,58 ha de áreas de preservação permanente quanto à presença de rios e nascentes. Deste total, 133 ha são as áreas de entorno das 175 nascentes e 1.151 ha são referentes às faixas marginais dos 207 km de rios.

TABELA 3. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EXIGIDA POR LEI NA ÁREA DE ESTUDO POR TIPO.

TIPO DE APP	ÁREA (ha)	%
APP de nascentes	133,17	10,3
APP de rios	1.151,41	89,7
Total	1.284,58	100

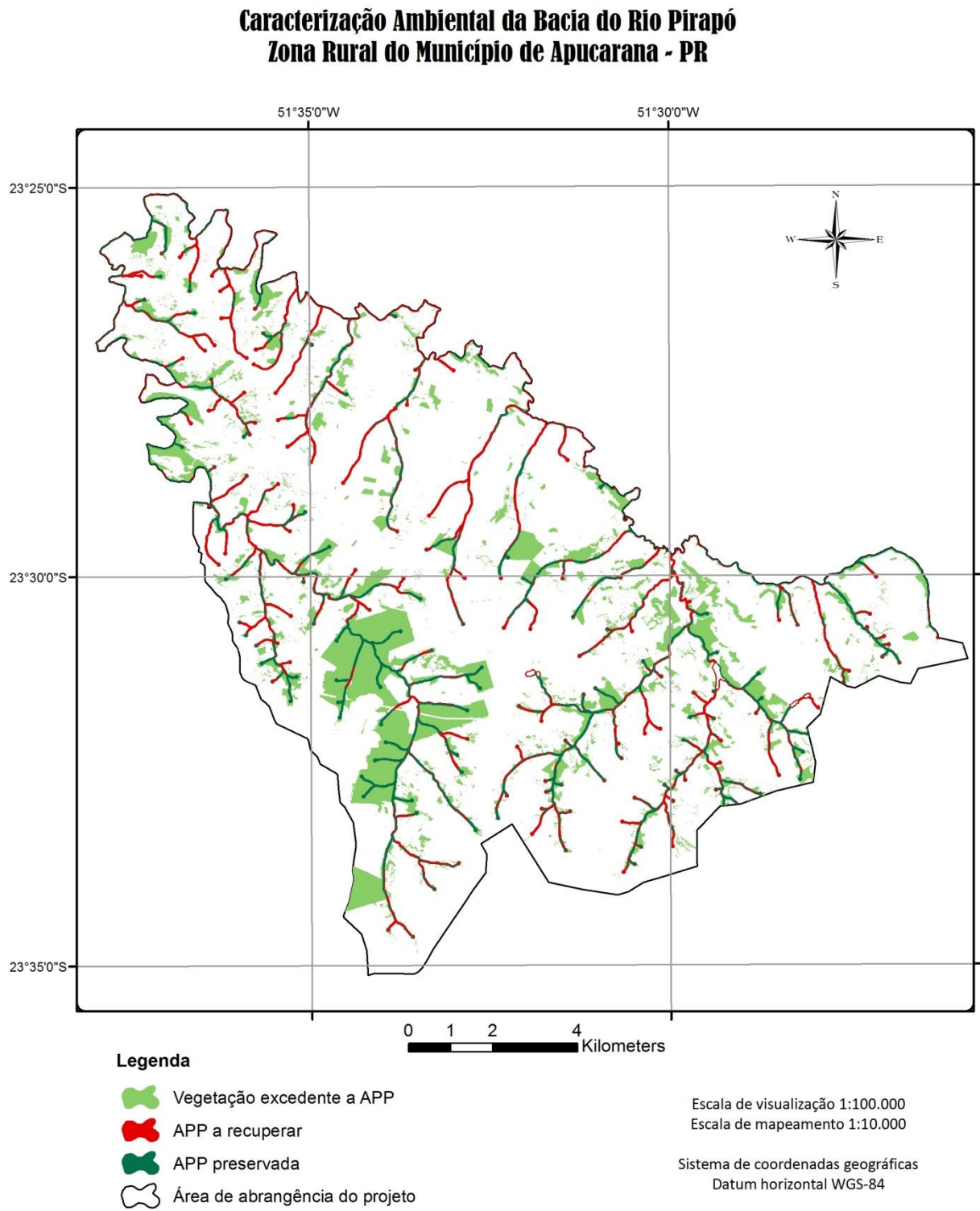
FIGURA 8. MAPA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE QUANTO À PRESENÇA DE RIOS E NASCENTES.



4.3. Mapa de caracterização ambiental da área

A metodologia proposta possibilitou a geração de um mapa de caracterização ambiental da área, sendo um importante instrumento para tomada de decisão pelos gestores do projeto Oásis.

FIGURA 9. MAPA DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PIRAPÓ –
MUNICÍPIO DE APUCARANA, PR



A tabela abaixo mostra a situação das áreas de preservação permanente dos rios e das nascentes. Metade das APP precisa ser recuperada. Cabe destacar que, como as áreas de vegetação nativa identificadas neste projeto não contemplam todas as áreas naturais da região, as áreas com status “APP a recuperar” podem, na verdade, ser consideradas como “APP a recuperar ou APP em recuperação”, visto que em algumas áreas há vegetação em estágio inicial na delimitação da APP.

TABELA 4. ÁREA E PERCENTUAL DE APP POR STATUS.

STATUS APP	ÁREA (HA)	%
APP a recuperar	669,56	52%
APP preservada	615,02	48%

A tabela seguinte apresenta os dados das áreas de preservação permanente divididas por tipo (APP de nascente e APP de rio) e por status (APP a recuperar e APP preservada).

TABELA 5. ÁREA E PERCENTUAL DE APP POR TIPO E STATUS.

TIPO E STATUS DE APP	ÁREA (HA)	%
APP de nascentes a recuperar	73,50	55%
APP de nascente preservada	59,67	45%
APP de rios a recuperar	596,06	52%
APP de rios preservada	555,35	48%

O cálculo de possíveis áreas para alocação de reserva legal foi realizado considerando a área total de estudo como uma única propriedade. A tabela abaixo mostra que a área de estudo possui um déficit de 40% de áreas possíveis para reserva legal.

TABELA 6. ÁREA E PERCENTUAL DE VEGETAÇÃO EXCEDENTE À APP EM RELAÇÃO A 20% DA ÁREA DE ESTUDO.

ÁREA DE ESTUDO (ha)	RL EXIGIDA (ha)	VEGETAÇÃO NATIVA EXCEDENTE À APP (ha)	DÉFICIT ÁREAS APTAS RL	
			(ha)	%
16.373,10	3.274,62	1.967,74	1.306,88	40

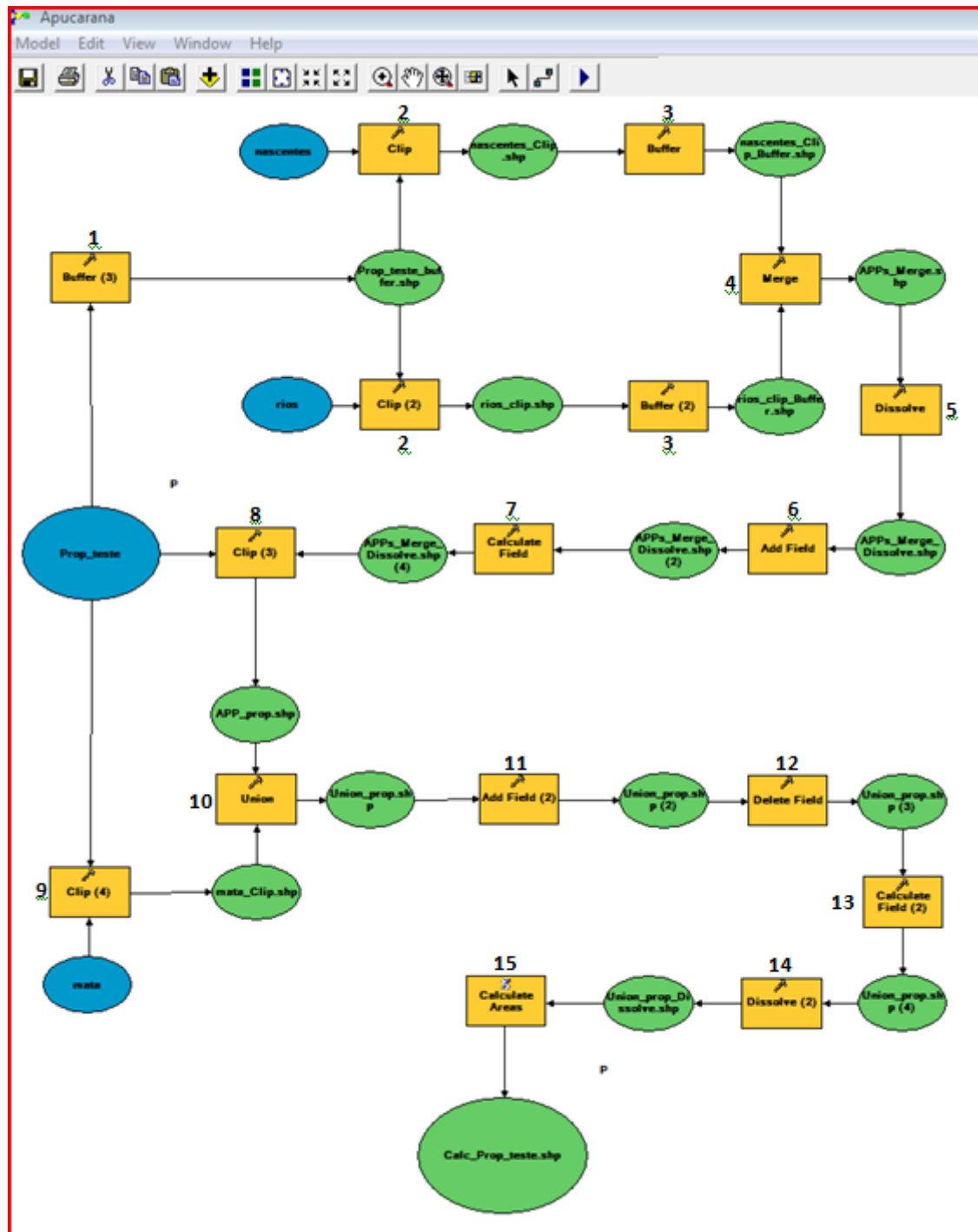
É importante destacar que este cálculo não é preciso. Embora a legislação exija a preservação de 20% de vegetação da área das propriedades rurais no Bioma Mata Atlântica, existem algumas exceções que podem fazer com que a área de vegetação a ser preservada como reserva legal diminua dependendo do tamanho e utilização da propriedade. Portanto, este resultado deve ser utilizado considerando a existência de margem de erro não identificada precisamente neste trabalho.

4.4. Criação de Modelo para extração dos dados de uso do solo das propriedades participantes do projeto.

Com intuito de padronizar o processo de extração de algumas informações necessárias ao cálculo do índice de cada propriedade participante do Projeto Oásis, foi desenvolvido um modelo com o encadeamento de algumas ferramentas automatizando o processo que poderá ser executado sempre que uma nova propriedade aderir ao projeto.

Ao acionar o modelo, é necessária a inserção do polígono de limites da propriedade para qual serão extraídos os dados. Também é necessário apontar o caminho do endereço para onde será gerado o novo arquivo no final do processo. Os arquivos gerados no meio do processo são automaticamente excluídos no final, ficando apenas o último arquivo gerado. Este arquivo traz as informações necessárias para iniciar os cálculos dos valores que cada propriedade deve receber. Em resumo, o processo automatizado extrai da base as áreas de vegetação nativa, nascentes e rios da propriedade em questão e gera os polígonos de APP que são cruzados com os polígonos de vegetação. Assim, torna-se possível a identificação e cálculo das áreas de APP preservada, APP a recuperar e vegetação excedente à APP.

FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO ENCADEAMENTO DAS FERRAMENTAS PARA A CRIAÇÃO DO MODELO.



FONTE: Elaborado pelo autor.

TABELA 7: DESCRIÇÃO DO FLUXO PARA A CRIAÇÃO DO MODELO.

PASSO FERRAMENTA		FUNÇÃO
1	<i>Buffer</i>	É criado um novo arquivo (polígono) com uma faixa de 50 metros além do limite da propriedade. Isso se faz necessário para identificar APP de rios e nascentes de propriedades vizinhas que possam estar dentro dos limites da propriedade em questão.
2	<i>Clip</i>	Extraí as nascentes e rios da área gerada anteriormente, sendo criados novos arquivos com as nascentes e rios da propriedade.
3	<i>Buffer</i>	Geração de APP. São criados novos arquivos (polígono) com raio de 50m nas nascentes e uma faixa de 30 metros dos rios.
4	<i>Merge</i>	Esta ferramenta junta os dois arquivos criados anteriormente em apenas um.
5	<i>Dissolve</i>	Este passo é necessário para "dissolver" os polígonos do arquivo gerado anteriormente, eliminando os polígonos que estavam sobrepostos.
6	<i>ADD Field</i>	Adiciona um campo denominado "APP" na tabela de atributos do arquivo de APP.
7	<i>Calculate field</i>	Insere valor "2" no campo criado anteriormente. Este passo é necessário para posteriormente identificar a área como APP. (Ver passo 15)
8	<i>Clip</i>	Com o polígono da propriedade, extraem-se os dados de APP gerados até o momento. Assim, é criado novo arquivo com a área de APP que está exatamente dentro da propriedade.
9	<i>Clip</i>	Com o polígono da propriedade, extraem-se os dados de vegetação da base. Assim, é criado novo arquivo com vegetação está exatamente dentro da propriedade.
10	<i>Union</i>	É criado novo arquivo com a união dos arquivos de vegetação e de APP fazendo o cruzamento dos dados e preservando os campos de ambos.
11	<i>Add Field</i>	Adiciona um campo denominado "TOTAL" na tabela de atributos do arquivo de APP.
12	<i>Delete Field</i>	Os campos que não tem mais utilidade são deletados.
13	<i>Calculate Field</i>	É executado um cálculo na tabela onde é inserido no campo "Total" a soma dos valores dos campos "APP" (ver passo 6 e 7) e campo "Mata" (oriundo do shape "mata").
14	<i>Dissolve</i>	Os registros da tabela são agrupados de acordo com o valor do campo "Total".
15	<i>Calculate areas</i>	Insere-se um novo campo na tabela com a área (m2) calculada de cada classe.

4.5. Funcionalidade dos resultados

A modelagem de todas as informações em uma base de dados geográficos responde parte das questões consideradas nos critérios para pontuação das propriedades participantes do Projeto Oásis. De acordo com esta pontuação, gera-se o índice final que será a base para o cálculo do valor monetário a ser recebido pelo proprietário.

Algumas questões consideradas na tabua de cálculo exigem respostas que não são possíveis de serem respondidas apenas com análises em SIG. Desta forma, juntamente com as análises que um SIG permite, é necessária a coleta de dados *in loco* com aplicação de questionário específico com o proprietário para obtenção do índice final da propriedade. A figura abaixo apresenta a tábua de cálculo para valoração das propriedades rurais utilizada no Projeto Oásis Apucarana com o detalhamento dos itens que podem ser total ou parcialmente respondidos por análises em SIG, ou seja, itens que podem ser respondidos automaticamente com os produtos gerados neste trabalho. Dos 13 itens contemplados na tabela, 2 itens (cor verde) podem ser respondidos totalmente por análises geográficas e 5 itens (cor amarela) podem ser parcialmente respondidos com auxílio das ferramentas criadas neste trabalho. Os 6 itens restantes (cor de rosa) são características levantadas que não possuem nenhuma ligação com análise geográfica.

FIGURA 11. TÁBUA DE CÁLCULO UTILIZADA NO PROJETO OÁSIS APUCARANA COM A IDENTIFICAÇÃO DOS ITENS QUE PODEM SER TOTAL OU PARCIALMENTE RESPONDIDOS PELO SIG.

Questão		Resposta
	Área total da propriedade (hectares)	
	Número total de nascentes	
1.1	Possui todos os quesitos exigidos pelo projeto?	Sim
1.2		Não
2.1	Parte da propriedade é RPPN?	Sim
2.2		Não
3.1	As áreas de preservação permanente estão em bom estado de conservação?	Predominantemente sim
3.2		APP com vegetação predominantemente florestal, mas com
3.3		APP degradada, mas com plano de recuperação implantado
3.4		APP degradada, com plano de restauração não implantado ou sem plano de restauração
4.1	Possui a reserva legal formada por vegetação nativa e em bom estado de conservação?	Predominantemente sim e sem manejo
4.2		Predominantemente sim e com manejo de baixo impacto
4.3		Reserva legal degradada mas com plano de recuperação implantado
4.4		Reserva legal degradada, com plano de restauração não implantado ou sem plano de restauração, ou com manejo
4.5		Reserva legal em regime de servidão florestal
5.1	Possui área com vegetação nativa excedente às APP e RL? (Indicar qual o tamanho da área excedente, em hectares)	Sim, sendo área em estágio sucessional avançado
5.2		Sim, sendo área em estágio sucessional médio
5.3		Sim, sendo área em estágio sucessional inicial
5.4		Não
6.1	As áreas de vegetação natural na propriedade, excedentes à	Sim
6.2	APP e Reserva Legal formam um bloco único >= 10 hectares?	Não
7.1	As áreas de vegetação nativa (incluindo reserva legal, mas não APP) estão conectadas à área de vegetação nativa de algum vizinho?	Não
7.2		1 Vizinho
7.3		2 Vizinhos
7.4		3 ou mais vizinhos
8.1	A reserva legal está conectada à parte da APP?	Sim
8.2		Não
9.1	Possui nascentes com APP preservada?	Não tem nascentes
9.2		1 Nascente com APP preservada
9.3		2 Nascentes com APP preservada
9.4		3 Nascentes com APP preservada
9.5		4 Nascentes com APP preservada
9.6		5 Nascentes com APP preservada
9.7		6 Nascentes com APP preservada
9.8		7 Nascentes ou mais com APP preservada
10.1	Faz agricultura orgânica (produção certificada)?	Sim, somente
10.2		Sim, parcialmente
10.3		Não
11.1	Possui sistema de tratamento de esgoto distante mais de 100 m do curso d'água mais próximo?	Sim
11.2		Não
12.1	Alguma planta da propriedade é cadastrada por órgão competente como árvores porta-semente (matriz)?	Sim
12.2		Não
13.1	Possui cercas-vivas ou linhas quebra-vento feitas exclusivamente com espécies nativas?	Sim
13.2		Não

Legenda	
Itens que podem ser respondidos com SIG	
Itens que podem ser parcialmente respondidos com SIG	
Itens que não podem ser respondidos com SIG	

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O uso de técnicas de geoprocessamento, sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto permitiram reunir e gerar elementos para subsidiar o gerenciamento do projeto Oásis, sendo importante instrumento de planejamento e tomada de decisão a ser utilizado pelos órgãos públicos ambientais do município.

A base de dados criada pode ser ampliada com a inserção de layers que sejam relevantes à gestão do Projeto Oásis ou para a gestão territorial do município de Apucarana.

A metodologia proposta poderá ser replicada para outras áreas, bem como para outros projetos de PSE ou iniciativas que envolva identificação de áreas prioritárias para conservação e/ou recuperação.

Este trabalho também poderá ser ampliado ou utilizado como base para aprimoramento de técnicas de uso de modelos automatizados para cálculo de pontuação com análises multicriteriais para priorização de áreas para conservação.

Ao iniciar o levantamento de dados para pontuação de determinada propriedade, sugere-se a coleta de pontos, com uso de aparelho receptor GPS de precisão, em coordenadas geográficas, datum WGS-84, das nascentes e, se possível, pontos de passagem de rios. Os pontos coletados, idealmente devem conter metadados, por isso deve ser feito por equipe técnica especializada. A coleta destes pontos permitirá o refinamento da base de dados com maior precisão e detalhamento trazendo ainda mais confiabilidade nos resultados.

Os resultados referentes às áreas de preservação permanente e possíveis áreas para Reservas Legais foram gerados utilizando parâmetros e critérios da legislação ambiental vigente lei 4.771/65, mais conhecida como Código Florestal e da Resolução CONAMA nº 303 de 2002.

Atualmente, está sendo discutida a reformulação do Código Florestal. Entre as discussões destacam-se as propostas para estreitamento da faixa da APP de rios e a dispensa de recomposição de reserva legal em pequenas propriedades, o que demonstra um grande retrocesso na legislação ambiental do país. Assim sugere-se a utilização dos dados deste trabalho para a geração de estudos que possam comparar que tipos de alterações e impactos as mudanças no Código pode proporcionar para determinadas áreas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M.; PINHEIRO E. S.; MOREIRA, M. A.; FONSECA, L. M. G. **Aplicação de diferentes algoritmos para a classificação de imagens ETM+/Landsat- 7 no mapeamento agrícola**. 2010. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE, São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://www.selper.org/selper2002/selper/articulos/T079.pdf>. Acesso em 15 ago 2010.

ALVES E. C.; DA SILVA C. F.; COSSICH E. S.; TAVARES C. R. G.; SOUZA E. E.; CARNIEL A; **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos**, 2008.

ANTUNES, A. F. B. **Princípios e Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. 2007. Apostila curso de Sensoriamento remoto – Especialização em Geoprocessamento. CIEG – UFPR.

APUCARANA, PREFEITURA DE APUCARANA. **Apucarana em dados**. 2010. Disponível em <http://www.apucarana.pr.gov.br/institucional/dadoseindice>. Acesso em 12 mai. 2010.

BARBOSA, A. M. **Subsídios para o planejamento em ecoturismo na região do médio Rio Grande, Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto**. – São José dos Campos: INPE, 2003. 249 p. – (INPE-10293-TDI/912). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Disponível em <http://www.inpe.br/biblioteca/>> Acesso em 15 mai. 2010.

CÂMARA G. DAVIS C.; MONTEIRO A. M. V.; **Introdução à ciência da geoinformação**. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>> Acesso em 15 mai. 2010.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. São José dos Campos. 281p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - INPE, 1995.

CEPSRM. CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA. **Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto**. 2010. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/fusao.html>> Acesso em 20 mar. 2010.

ESRI. **Arcgis Desktop 9.3 Help - Maximum Likelihood Classification**. 2010. Disponível em: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Maximum%20Likelihood%20Classification>> Acessado em 15 abr. 2010.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf. Acesso em 15 ago 2010.

FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO A NATUREZA, 2010. **Projeto Oásis Apucarana - Release técnico**. 2010.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Imagens do satélite ALOS - Sensores**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/alos/sensores.php>> Acesso em 5 mar. 2010.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manuais Spring – Tutoriais de Geoprocessamento – Classificação de imagens**. 2010. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>> Acesso em 10 abr. 2010.

IAP. **Sisleg - Sistema de Manutenção, Recuperação e Proteção da Reserva Legal**. 2010. Disponível em http://www.crea-pr.org.br/crea3/html3_site/doc/guia/cartilhaSISLEG_baixa.pdf. Acesso em 25 mai. 2010

ITCG, INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Formações Fitogeográficas do Estado do Paraná**. Mapa. 2009. Disponível em http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fitogeografico_A3.pdf> Acesso em 20 jun. 2010.

KUMAR, P. **Market for Ecosystem Services**. International Institute for Sustainable Development (IISD).2005.

LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771compilado.htm. Acesso em 11 nov. 2009.

LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Miley& Sons, 1987. 721p.

LUZ, J.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C.; OLIVEIRA, Y. M. M.; GARRASTAZÚ, M. C. **Técnicas de fusão aplicadas a imagens do satélite ALOS**. In Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6959-6965. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.16.47/doc/6959-6965.pdf>. Acesso em 12 fev. 2010.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba, CODEPAR, 1968. 350p.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2002. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 22p. Disponível em http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf. Acesso em 20mai 2010.

PINHO, C. M. D.; RENNÓ, C. D.; KUX, H. J. H. **Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird**. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP, 2005. Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.20.14/doc/4225.pdf>. Acesso em 16 dez 2009.

RICHADS, J. A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Berlin: Springer-Verlag, 1986. 281 p.

SADECK. **Tutorial Classificação supervisionada**. Sadeck Geotecnologias, 2010. Disponível em: <http://geotecnologias.wordpress.com/>. Acesso em 13 mai. 2010.

SANTOS, J. S. M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. São José dos Campos: INPE, 2002. 174. (INPE-9553-TDI/829). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Disponível em <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Santos-J-S-M-2002/publicacao.pdf>> Acesso em 15 mai. 2010.

SHIKI, S. **Uso de mecanismos de Pagamentos por Serviços Ambientais na conservação do solo e água**. 2008. Disponível em <http://www.ana.gov.br/Produagua/LinkClick.aspx?fileticket=aqfBhWYr2hM%3D&tabid=691&mid=1504>> Acesso em 12 mai. 2010.

SCHOWENGERDT, R. A. **Spectral Transforms in: Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. London: Academic Press, 1997. 522p.
SOSINSKI, L. T. W. **Apresentação Serviços Ambientais**. 2010. Disponível em: http://www.cpact.embrapa.br/eventos/2010/met/palestras/26/261010_PALESTRA4_LILIAN_SOSINSKI.pdf. Acesso em 15 nov 2010.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços Ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo**. São Paulo: Instituto Socioambiental. 2008. Disponível em <http://www.mananciais.org.br/site/projetos/pavs/sites/mananciais.org.br.site/projetos.pavs/files/pnuma03-servicos.pdf>> Acesso em 02 jun. 2010.

XAVIER-DA-SILVA, J. ; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. 2004. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 145 p.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. 1998. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. Out 1998. Disponível em <http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/zakia,mjb.pdf>. Acesso 12 fev 2010.

6.1. Bibliografia Consultada

ADAMI, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem**. São José dos Campos: INPE, 2003. 183p. – (INPE-10235-TDI/900). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Disponível em http://www.obt.inpe.br/pgsere/2003-Adami_M/publicacao.pdf> Acesso em 15 mai. 2010.

ATTANASIO, C. M.; LIMA, W.P.; GANDOLFI S.; ZAKIA M. J. B. **A zona ripária, a estrutura fundiária e o manejo agrícola na microbacia**. In VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambu, MG. *Resumos...* Sociedade de Ecologia do Brasil. Disponível em <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1060.pdf>. Acesso em 15 abr. 2010.

CHAVES M. B.; DOS SANTOS J. C.; DE LIMA J. T.; MOREIRA FILHO J. C. C.; NOBRE R. C. M.; NOBRE M. M. M. **Classificação de imagem CBERS para mapeamento de áreas de recarga de mananciais subterrâneos**. In Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4679-4686. Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.42/doc/4679-4686.pdf>. Acesso em: 12 fev 2010.

DE MARCO JR, P.; COELHO F. M. **Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production**.

2003, Viçosa. In *Biodiversity and Conservation* 13: 1245–1255, 2004. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

LANDOVSKY, G. S.; BATISTA, D.B.; ARAKI, H. **Análise da qualidade visual da paisagem da região de Tibagi, PR, aplicando o sensoriamento remoto.** *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2006, vol.10, n.1 [citado 2009-10-28], pp. 188-195. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000100028&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 mai. 2010.

MATIAS, L. F.; CAPORUSSO, D.; DA CRUZ, J. R.; CARVALHO J. C. B. **Análise comparativa de técnicas de fusão de imagens CBERS-2B (CCD e HRC) utilizando o software ArcGIS.** In *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2071-2077. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.19.05/doc/2071-2077.pdf>. Acesso mar 2010.

MOLIN, P. G.; STAPE J. L. **Diferença na alocação de uma reserva legal de critérios ambientais versus uma de critérios técnico-econômicos com o uso de ferramentas de SIG.** In *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1749-1756. <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.20.03/doc/1749-1756.pdf>. Acesso em mar 2010.

SANTOS, S. B.; DE ALMEIDA, R. A.; DUPAS, F. A. **Conflito de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, São Lourenço/MG - uma contribuição para a preservação dos mananciais de água mineral.** In *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4217-4224. INPE. Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.01.18.47/doc/4217-4224.pdf>. Acesso em 12 fev 2010.